

# フィールドテストのための完全デジタル温度電圧モニタに関する研究

著者	三宅 庸資
発行年	2016-06-30
学位授与番号	17104情工博甲314号
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10228/5690">http://hdl.handle.net/10228/5690</a>

氏 名	三宅 庸資
学位の種類	博 士 (情報工学)
学位記番号	情工博甲第 3 1 4 号
学位授与の日付	平成 2 8 年 6 月 3 0 日
学位授与の条件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題目	フィールドテストのための完全デジタル温度電圧モニタに関する研究
論文審査委員	主 査 教 授 梶原 誠司
	〃 尾知 博
	〃 藤原 暁宏
	〃 伊藤 高廣

## 学 位 論 文 内 容 の 要 旨

半導体製造における微細化技術の進歩に伴い、VLSI の物理的な劣化現象がシステムの信頼性に影響を及ぼす懸念が増大している。そのため、劣化による故障を事前に検知し、障害発生による突然のシステムダウンを回避する技術の必要性が高まっている。VLSI の劣化現象としては回路遅延の増加が知られており、劣化により生じる故障検出には出荷後のフィールドでの遅延測定が有用となる。一方で、回路の遅延値は温度や電圧等の環境要因により変動するため、フィールドでの遅延測定により劣化起因の遅延増加を検出するには、遅延測定時の温度と電圧のモニタリングが必要不可欠となる。

本論文は、VLSI におけるシステム運用中の信頼性確保のための温度電圧モニタ技術に関する研究を纏めたものであり、6 章から構成されている。本論文の主たる成果は以下の通りである。

第 1 の成果：フィールドテスト向けの温度と電圧のモニタとして要求される機能・性能について説明した上で、完全デジタル設計によるリングオシレータ(RO: Ring-Oscillator)を核とする温度電圧測定手法を提案している。RO の動作周波数が温度と電圧によって変動する特性を利用して、特性の異なる複数種類の RO によりモニタを構成し、各 RO の周波数と温度の特性、周波数と電圧の特性に対して重回帰分析を用いることにより、テスト時のチップ内の温度と電圧が計算可能となることを示している。また、製造バラツキにより生じる誤差を低減するため、初回測定時における周波数測定値と標準環境での周波数測定値の比率を利用したキャリブレーション手法を提案し、製造バラツキが存在していても、精度良く RO 周波数からチップ内の温度と電圧の測定が可能となることを示している。評価実験として、180nm、90nm、および 45nm の CMOS テクノロジを前提とした回路シミュレーションを用いて、温度電圧測定の精度評価やバラツキ補正のためのキャリブレーション

ョン手法の有効性を示している。180nm CMOS テクノロジーにおいては、0～120℃の温度範囲および 1.65～1.95V の電圧範囲で、0.99℃の温度測定精度、4.17mV の電圧測定精度を持ったデジタルモニタが構成できることを示している。

第2の成果：提案モニタを構成する RO に関して、フィールド上でのモニタ運用中に生じる劣化現象に対応するため、フィールドで発生する NBTI (Negative Bias Temperature Instability) 劣化を抑止可能な、耐 NBTI 劣化構造を有する RO 構成手法について提案している。また、RO として利用可能な論理回路は様々な種類があるが、モニタに採用する RO の組合せによって温度と電圧の測定精度が変動するため、利用可能な RO から温度電圧モニタとして精度の良い組合せを選択する手法を提案し、高精度な測定が可能となる RO の組合せを選択できることを示している。180nm CMOS テクノロジーを用いた評価実験では、選択された RO の組合せが、全組合せ中、最良に近い測定精度を達成したことを示している。

第3の成果：180nm CMOS テクノロジーを用いて提案モニタを搭載したチップを設計し、試作チップによる評価を行っている。試作チップから得られる RO の温度電圧変化特性を測定し、提案手法を適応することで、温度電圧モニタの有効性や測定の妥当性を検証し、熱画像センサや電流計などによる外部測定値を利用して、チップ内の測定温度や測定電圧がいくつかの範囲で一致することを示している。そして、モニタで測定した温度や電圧の測定結果に対する妥当性等の評価により、フィールドテスト向けの温度電圧モニタとしての実現可能性を検討している。

以上、本論文の結果は、VLSI におけるシステム運用中の信頼性確保に有用である。

## 学 位 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、VLSI におけるシステム運用中の信頼性確保のための温度電圧モニタ技術に関する研究を纏めたものである。その成果は、VLSI 稼働時のフィールドでの遅延テストにおける遅延測定精度向上に極めて有効である。また、提案するモニタは完全デジタル処理により設計制約が少ないため、IoT デバイスなどでの活用も期待され、VLSI の利用範囲の拡大や信頼性向上のための自己テスト技術の発展に貢献するところが大である。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士（情報工学）の学位に十分値するものであると判断した。